

## ⑫ 特許公報(B2)

平5-15201

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>  
G 01 B 11/06識別記号  
Z

⑭ 公告 平成5年(1993)3月1日

発明の数 1 (全7頁)

## ⑮ 発明の名称 赤外線厚さ計の検出信号処理方法

⑯ 特願 昭62-111691

⑯ 公開 昭63-277910

⑯ 出願 昭62(1987)5月9日

⑯ 昭63(1988)11月15日

⑰ 発明者 井口 勝啓 静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械株式会社沼津事業所内  
 ⑰ 発明者 新田 詮 静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械株式会社沼津事業所内  
 ⑰ 発明者 岩田 昭浩 静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械株式会社沼津事業所内  
 ⑰ 出願人 東芝機械株式会社 東京都中央区銀座4丁目2番11号  
 ⑰ 代理人 弁理士 浜田 治雄  
 審査官 田部 元史

1

2

## ⑯ 特許請求の範囲

1 被測定物の吸光係数に基づく、透過光量検出信号の被測定物厚さに関する減少率を透過光量検出信号の大きさに関する関数として設定し、この関数を演算処理することにより検量線を設定してなる赤外線厚さ計の検出信号処理方法において、前記関数は、次式(1)

$$\frac{dx}{dt} = -\alpha x^n \quad \dots(1)$$

ここで、  $x = \ln I$

I = 透過光量検出信号値

t = 被測定物厚さ

$\alpha$  = パラメータ

n = ベキ数

であり、式(1)における透過光量検出信号値 I は、次式(2)

$$I = I_0 (1 - r) e^{-\mu t} \quad \dots(2)$$

ここで、  $I_0$  = 被測定物厚さ t が 0 の場合、すなわち光路がオープンである場合の光量検出信号値

r = 被測定物の反射率

$\mu$  = 被測定物の吸光係数

で規定し、

さらに演算処理は、厚さ  $ta, tb, \dots$  既知のサン

ブル  $T_a, T_b, \dots$  を用いて、前記式(1)を積分して得られる次式(3)

$$t = -\frac{1}{(1-n)\alpha} (x^{(1-n)} - x_0^{(1-n)}) \quad \dots(3)$$

5 ここで、  $x_0$  = 被測定物厚さ t が 0 の場合、すなわち光路がオープンである場合の光量検出信号の対数値

但し、  $n \neq 1$

と、  $n = 1$  の場合に適用する次式(4)

$$10 \quad t = -\frac{1}{\alpha} (\ln x - \ln x_0) \quad \dots(4)$$

とに基づいて前記各サンプルの計算厚さ  $ta, tb, \dots$  を計測し、逐次最小二乗法演算によつて、計算厚さと真の厚さとの相関係数 m の値が最大となるベキ数 n の値を選定することを特徴とする赤外線厚さ計の検出信号処理方法。

## 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、赤外線厚さ計において被測定物の種類に応じて予め行なわれる計器の校正方法に係り、殊にこの場合における検出信号の処理方法に関する。

## 〔従来の技術〕

一般に、赤外線厚さ計は、光源と光検出器との間に被測定物を配置し、光源からの光が被測定物を透過する時に吸収・散乱によって減衰し、この減衰量が被測定物の厚さの関数であることを利用して、被測定物の厚さを測定するものである。

この場合、前述の透過光の減衰量は被測定物の特性によって変動するので、測定に先立つて計器の校正が行なわれる。この校正は、被測定物の特性によって定まる基準線すなわち検量線を設定することによって行なわれる。この検量線L(第3図参照)は、後で詳しく説明するが、既知の厚さta, tbを有する被測定物のサンプルTa, Tbの透過光量Ia, Ibを測定することにより設定され、セミ対数グラフ、すなわち横軸に厚さtをとり縦軸に検出信号Iの対数値をとったグラフ(第3図に示すグラフ)上においては直線で表示される。そして、この検量線しが設定されると、被測定物Tiの透過光量IIを測定することにより、被測定物Tiの厚さtが自動的に計測される。この厚さtは、通常、厚さ計に備えられるCRTに表示されるか、プリンタから記録出力される。

ところで、前述の透過光量の減衰量と被測定物の厚さに関する関数すなわち物理則としては、従来は下記の(5)式

$$I = I_0 e^{-\mu t} \quad \cdots(5)$$

ここで、I = 被測定物の透過光量検出信号値  
 $I_0$  = 光路がオープンである場合の光量  
 検出信号値

$\mu$  = 被測定物の吸光係数

t = 被測定物の厚さ

が用いられていた。すなわち、透過光量の減衰量は被測定物の吸光係数μによってのみ定められていた。

しかるに、前記式(5)に基づく計測方法では、例えばプラスチックシートあるいはフィルムのように光を相当に反射するものに対しては、被測定物の計測厚さに誤差が発生していた。そこで、本願人らは、前述の物理則として前記式(5)に替えて下記の式(2)

$$I = I_0 (1 - r) e^{-\mu t} \quad \cdots(2)$$

を採用し〔なお、この式は特許請求の範囲2項に示される式(2)と同一である〕これに基づいて被測定物の厚さを測定する計測方法(以後第1の計測方法と称する)を開発し、特許出願を行つた

(特開昭58-176508号公報)。これによれば、従来誤差を発生させていた反射光の影響が除去されるので、反射率が大きい被測定物に対しても正確な計測を行なうことができる。

5 ここで、この第1の計測方法における計器校正方法に関する、前述の検量線Lの設定について説明する。検量線Lは、2つのサンプルTa, Tbを計測すること、すなわち前記物理則式(2)を演算算定することによって設定される。すなわち、そ

10 の計測値

$$I_a = I_0 (1 - r) e^{-\mu t_a}$$

$$I_b = I_0 (1 - r) e^{-\mu t_b}$$

において、検出信号Ia, Ib, I0はそれぞれ計測によって得られる値であり、厚さta, tbは既知の値であり、したがつて未知の値は吸光係数μおよび反射率rの2つであることから、前記2つの計測値から吸光係数μと反射率rが演算算定される。すなわち、検量線Lが設定される。そして、この検量線Lは、前記式(2)を対数変換して得られる下

20 式

$$\log_e I = \log_e (1 - r)^{-1} +$$

において、吸光係数μおよび反射率rが、従来は、一定とされていたことから、厚さt以外は定数であり、したがつて検出信号Iの対数値と厚さtとは一次式となり、グラフ(第3図)上において直線で表示される。そして、このような検量線Lを介して測定される被測定物Tiの測定厚さtは、検量線Lに反射率rのアクリクが含まれているので、反射光に基づく従来の計測誤差が除去される。

30 しかし更に、第1の計測方法においても、殊に被測定物の計測厚さレンジが大きい場合に、被測定物の計測厚さに誤差が発生していた。そこで、本願人らは、鋭意研究の結果、この誤差は、被測定物の吸光係数が被測定物の厚さに関して一定でないことによることを突止めた。そして、このことに基づく測定誤差を、検量線を複数本に設定することにより解消できるようにした計測方法(以後第2の計測方法と称する)を開発

35 し、特許出願を行つた(特願昭62-65766号)。次に、この第2の計測方法につき以下簡単に説明する。なお、本計測方法における物理則は、第1の計測方法と同様に、式(2)で規定される物理則が用いられる。

本計測方法においては、計器校正時すなわち検量線の設定時に被測定物の厚さレンジに応じて適当数の厚さ既知のサンプルTa, TbおよびTc～Tgが選定される。そして、これらサンプルをそれぞれ厚さ計により計測、演算算定したうえで、第4図に示すように、厚さ計に備えられたCRT上にグラフィック表示する。この場合、サンプルの厚さレンジが大きいと、一般に、サンプルTc～Tgは検量線L上に位置せず、これらは検量線Lに対して下向き凸状の曲線Mを画定する。なお、このことは、物理則式(2)において反射率rは変動することがないので、吸光係数μが厚さtに関して変動し、この変動は厚さtの増加に従つて漸減することを意味しているものである。そこで、本計測方法においては、検量線を線分Lに替えてそれぞれサンプルTa, Td; Te, Tf; Tg, Tbを通る複数本の線分Na, Nb, Ncに設定する。この検量線Na, Nb, Ncの設定に際しては、グラフィック表示を観察して曲線Mに近似するよう各検量線Na, Nb, Ncを画定するサンプルを選定する。

したがつて、本計測方法によれば、被測定物Tiの透過光量Iiを測定することにより検量線Maを介して計測される被測定物Tiの厚さt<sub>i</sub>は、曲線Mを介して計測されるべき真の厚さt<sub>i</sub>に対しても、誤差を生じても、その誤差Δt<sub>i</sub>は微小に抑制される。この誤差Δt<sub>i</sub>は、同じく第4図に示す第1の計測方法によって発生される誤差Δt<sub>i</sub>'に比較して格段に改良される。なお、反射光に基づく誤差が除去されていることは勿論である。このように、本計測方法によれば、厚さレンジが大きい被測定物であつても、精度よくその厚さを計測することができる。

〔発明が解決しようとする問題点〕

このように、前述の第2の計測方法によれば、厚さレンジの大きい被測定物でも精度よく計測することができる。しかしながら、このような計測方法においては、計器の校正に比較的繁雑な手間と判断を必要とする難点があつた。

すなわち、検量線Na, Nb, Ncの設定にあたつては、多数のサンプルをそれぞれ計測、演算算定したうえでグラフィック表示し、このグラフを観察して所要の本数の検量線を設定し、更にこれら検量線の各境界値を決定するなどの作業を必要

とするものである。更に、各検量線の設定には判断を要し、例えば第4図に示すように、検量線Naに替えてサンプルTa, Tcで定まる検量線Na'を設定すれば、測定誤差がΔt<sub>i</sub>"からΔt<sub>i</sub>'''へと増大される。

そこで、本発明の目的は、殊に厚さレンジが大きい被測定物に対して、その計器校正を簡単容易に且つ精度良く行なうことができる赤外線厚さ計の検出信号処理方法を提供することにある。

10 [問題点を解決するための手段]

先の目的を達成するために、本発明の赤外線厚さ計の検出信号処理方法は、被測定物の吸光係数に基づく、透過光量検出信号の被測定物厚さに関する減少率を透過光量検出信号の大きさに関する関数として設定し、この関数を演算処理することにより検量線を設定してなる赤外線厚さ計の検出信号処理方法において、

前記関数は、次式(1)

$$\frac{dx}{dt} = -ax^n \quad \dots(1)$$

20 ここで、x = ln I

I = 透過光量検出信号値

t = 被測定物厚さ

a = パラメータ

n = ベキ数

25 であり、式(1)における透過光量検出信号値Iは、次式(2)

$$I = I_0 (1 - r) e^{-at} \quad \dots(2)$$

ここで、I<sub>0</sub> = 被測定物厚さtが0である場合、すなわち光路がオープンである場合の光量検出信号値

r = 被測定物の反射率

μ = 被測定物の吸光係数

で規定し、

さらに演算処理は、厚さta, tb, ...既知のサンプルTa, Tb, ...を用いて、前記式(1)を積分して得られる次式(3)

$$t = -\frac{1}{(1-n) a} (x^{(1-n)} - x_0^{(1-n)}) \quad \dots(3)$$

ここで、x<sub>0</sub> = 被測定物厚さtが0である場合、すなわち光路がオープンである場合の光量検出信号の対数値

但し、n ≠ 1

と、n = 1である場合に適用する次式(4)

$$t = -\frac{1}{\alpha} (\ln x - \ln x_0) \quad \cdots(4)$$

とに基づいて前記各サンプルの計算厚さ $ta'$ ,  $tb'$ , …を計測し、逐次最小二乗法演算によって、計算厚さと真の厚さとの相関係数 $m$ の値が最大となるベキ数 $n$ の値を選定することを特徴とする。

〔作用〕

計器校正における検量線の設定は、所定の関数をコンピュータによって逐次演算処理することによって達成されるので、簡単容易に且つ迅速に行なわれる。しかも、前記関数には、吸光係数の被測定物厚さに関する変動ならびに反射率のそれぞれのアタクタが含まれているので、厚さレンジが大きくまた反射率が大きい被測定物に対しても、正確な計測が行なわれる。

〔実施例〕

次に、本発明に係る赤外線厚さ計の検出信号処理方法の実施例につき添付図面を参照しながら以下詳細に説明する。

先ず初めに、処理方法の説明に先立ち、本発明に係る赤外線厚さ計の構成を簡単に説明する。第2図において、赤外線厚さ計は、測定部10とオペレータコンソール12とからなり、測定部10には赤外線光源14と被測定物あるいはその厚さ既知のサンプル16を保持するホルダ18と光電変換素子を有する透過光検出器20が備えられ、オペレータコンソール12にはA/D変換器22、CPU24、内部記憶装置26、操作キーボード28、CRT30、プリンタ32および外部記憶装置34が備えられ、更に測定部10とオペレータコンソール12とは変換増幅回路38を介して接続されると共にCPU24には遠隔操作器22が備えられている。そして、被測定物の計測に際しては、赤外線光源14から投射光Laが投射され、被測定物16を透過した透過光Lcが、透過光検出器20で検出されて検出信号Iに変換される。次いで、この検出信号Iは、変換増幅回路38で検出信号Vに對応変換され、得られた検出信号VはA/D変換器22により被測定物16の厚さを示す信号Wに変換されて、適宜CRT30に表示されあるいはプリンタ32から記憶出力される。この場合、厚さ計の操作は、キーボード28を介して行なうか、操作器38を介して遠隔操作される。

次に、本発明に係る赤外線厚さ計の校正方法につき第1図を参照しながら説明する。校正に際しては、先ず、光路をオープンにし、ステップS1において検出信号I<sub>0</sub>を検出し、これを内部記憶装置26に入力記憶させる。次いで、光路にサンプルTa, Tb, …を順次セットし、ステップS2においてそれぞれ検出信号I<sub>i</sub>を検出し、これらを内部記憶装置26に入力記憶させる。次いで、ステップS3においてCRT30上に前記記憶データを用いて第4図に示すような検量線をグラフィック表示する。この場合、検量線が線分しに近似しているれば、破線で示されているように直ちにステップS8に進行し、線分しから外れていれば、矯正するリニアライズ工程へ進行する。

15 リニアライズ工程においては、前述の式(3)と

$$t = -\frac{1}{(1-n)} \alpha (x^{(1-n)} - x_0^{(1-n)}) \quad \cdots(3)$$

$n = 1$ である場合に適用する式(4)

$$t = -\frac{1}{\alpha} (\ln x - \ln x_0) \quad \cdots(4)$$

に基づいて演算処理が進行されるが、ベキ数 $n$ は、この演算実行過程で厚さの計算値 $ta'$ ,  $tb'$ , …と真の厚さ $ta$ ,  $tb$ , …との相関係数 $m$ が最大となる値に選定される。そして、このリニアライズ工程は、ベキ数 $n$ の逐次計算を $n = 0, 1, 2, \dots$ のように0から順次整数値を投入して前記 $m$ が最大となる $n'$ の値を選定する第1の工程と、選定された前記 $n'$ に対して0.1きざみで±0.5の範囲の数値を投入して前記 $m$ が更に最大値となる $n'$ ± $\Delta n'$ の値を選定する第2の工程とに分たれる。すなわち、リニアライズの第1工程においては、ステップS4において順次 $n$ の値 $0, 1, 2, \dots$ が投入されこれらに対応する $m$ の値が計算且つ比較される。第1表は、あるサンプルについてのこのステップにおける計算結果を示し、 $n = 4$ において $m$ が最大値0.99992となることを示している。次いで、リニアライズの第2工程におけるステップS6において順次 $n'$ の値 $3.6, 3.7, \dots$ が投入され、これらに対応する $m$ の値が計算且つ比較される。第2表は、その計算結果を示し、 $n = 4.2$ において $m$ が最大値0.99997となることを示している。なお、相関係数 $m$ の値は、その性質上1を超ことはない。なおまた、これらリニアライズ工程は、コンピュータによって自動的に行なわれ、通

常10秒程度で完了される。

表 1

n	m
0	0.98117
1	0.98893
2	0.99472
3	0.99839
(4)	0.99992
5	0.99936
6	(0.99687)
7	—
—	—

表 2

n	m
3.6	--
—	--
3.9	0.99986
4.0	0.99992
4.1	0.99996
(4.2)	0.99997
4.3	0.99996
4.4	—
4.5	--

このようにして、リニヤライズ工程が完了すると、ステップS8において、前記演算結果に基づいて各サンプルTa, Tb, …の厚さta', tb'を改めて計算し、ステップS9においてこれによつて設定される検量線をグラフィック表示して確認し、最後に、これらのデータをステップS10において外部記憶装置34に登録する。なお、この登録に際しては、前述の式(1)は

$$t = Ax^{(n-1)} + B$$

の形に整理されるので、パラメータA, B, nとして登録すると好適である。

これによつて、計器の校正が完了し、すなわち検量線の設定が完了し、被測定物Tiはその透過光量liを測定することによりその厚さgiが前記検量線を介して自動的に計測され、その数値がCRTに表示されるか、プリンタから記録出力される。このようにして計測された被測定物の厚さ

は、一例として前記リニヤライズ工程で用いられたサンプルにおいては、そのばらつき(2σ)が0.34%であった。この数値は、同じサンプルに対する従来の計測方法すなわちリニヤライズを行なわない計測方法における場合のばらつき8.4%に対して格段の改良が示されたことを示している。

このように、本発明に係る校正方法は、簡単容易に且つ何ら判断作業を要することなく行なうことができ、しかも、その校正誤差を僅少に抑制することができる。

以上、本発明の好適な実施例について説明したが、本発明はその精神を逸脱しない範囲内において種々の設計変更を行なうことができる。例えば、ステップS8およびS9におけるグラフィック表示すなわち検量線の確認操作は省いても良い。また、本発明は、赤外線厚さ計のみならず、紫外線などを用いる他の光厚さ計に対しても適用できることは勿論である。

#### 【発明の効果】

20 以上説明したように、本発明に係る赤外線厚さ計の検出信号処理方法は、被測定物の吸光係数の変動に基づく、透過光量検出信号の被測定物厚さに関する減少率を透過光量検出信号の大きさに関する関数として設定し、この関数を演算処理することにより検量線を設定できるように構成したので、この演算処理をコンピュータによつて行なうことにより、計器の校正を簡単容易に且つ何ら判断作業を要することなく達成することができる。しかも、その校正誤差を僅少に抑制することができる。したがつて、厚さレンジが大きく吸光係数が変動する被測定物に対しても、その厚さを、簡便に且つ正確に計測することができる。更に、前記関数には、被測定物の反射率に関するファクタが含まれているので、反射率が比較的大きい被測定物であつてもその厚さを正確に計測することができる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る赤外線厚さ計の検出信号処理方法における計器校正方法の一実施例を示すフローチャート、第2図は本発明に係る赤外線厚さ計の構成を示すプロック図、第3図は従来の赤外線厚さ計の計器校正の際に設定される検量線を説明するグラフ、第4図は本発明の基礎となる赤外線厚さ計の計器校正の際に設定される検量線を

II

J2

説明するグラフである。

10…測定部、12…オペレータコンソール、  
 14…赤外線光源、16…被測定物またはそのサンプル、18…ホルダ、20…透過光検出器、22…A/D変換器、24…CPU、26…内部記憶装置、28…操作キーボード、30…CRT、  
 32…プリンタ、34…外部記憶装置、36…変換增幅回路、38…遠隔操作器、T…サンプルまたは被測定物、I…透過光量検出信号、t…サンプルまたは被測定物の真の厚さ、 $\Delta t$ …計測誤差、 $t'$ …サンプルまたは被測定物の計算厚さまたは計測厚さ。

FIG. 1

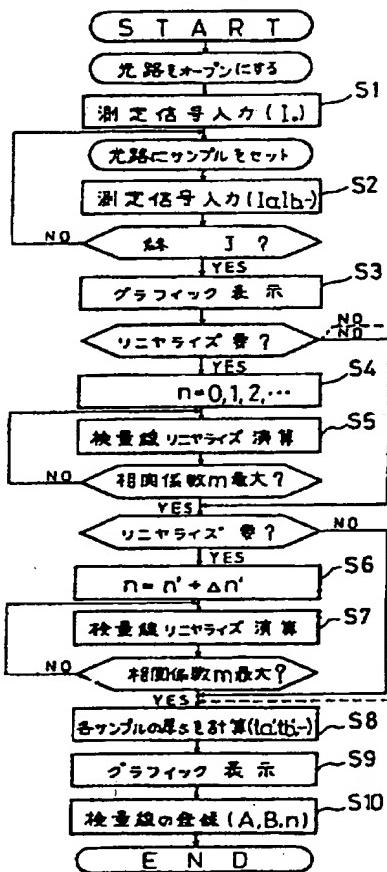


FIG. 2

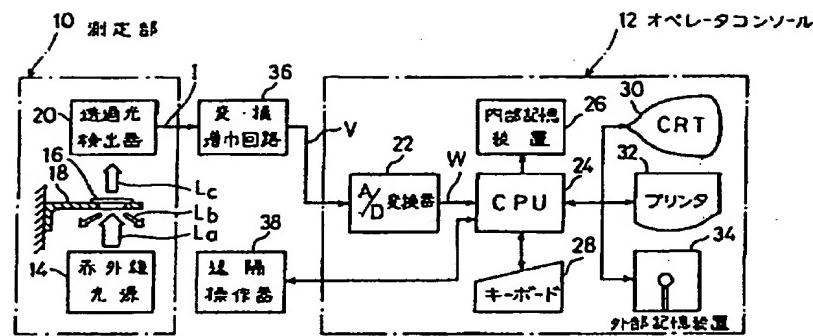


FIG. 3

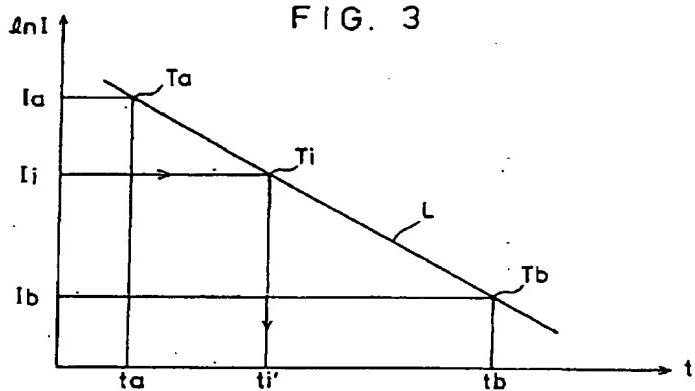


FIG. 4

